

**PENGARUH VARIASI *HOLDING TIME* PELEBURAN
TERHADAP KEKUATAN IMPAK, KEKERASAN,
STRUKTUR MIKRO, DAN CACAT MAKRO PADA LOGAM
Al-Si MENGGUNAKAN CETAKAN PASIR**

TUGAS AKHIR

Diajukan Kepada :

UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH MALANG

Untuk Memenuhi Persyaratan Akademik Dalam Menyelesaikan Program Sarjana

Teknik (S-1)



Disusun oleh:

Muhammad Taufiq

(201310120311158)

**TEKNIK MESIN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH MALANG**

2017

LEMBAR PENGESAHAN TUGAS AKHIR

**PENGARUH VARIASI *HOLDING TIME* PELEBURAN TERHADAP
KEKUATAN IMPAK, KEKERASAN, STRUKTUR MIKRO DAN CACAT
MAKRO PADA LOGAM Al-Si MENGGUNAKAN CETAKAN PASIR**

Diajukan Kepada :

UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH MALANG

Untuk Memenuhi Syarat Memperoleh Gelar Sarjana (S1) Teknik Mesin

Disusun Oleh :

Muhammad Taufiq

201310120311158

Diterima dan Disetujui :

Dosen Pembimbing I



Murjito, ST., MT
NIP. 108.9404.0313

Dosen Pembimbing II



Dini Kurniawati, ST., MT
NIP. 108.0907.0478

Mengetahui,

Ketua Jurusan Teknik Mesin

Universitas Muhammadiyah Malang



Ir. Daryono, MT
NIP. 108.8909.0124

KATA PENGANTAR

Dengan memanjakan puji dan syukur kepada kehadiran Allah SWT yang mana atas limpahan rahmat taufik, hidayah serta inayahNya laporan tugas akhir dengan judul **“PENGARUH VARIASI *HOLDING TIME* PELEBURAN TERHADAP KEKUATAN IMPAK, KEKERASAN, STRUKTUR MIKRO DAN CACAT MAKRO PADA LOGAM AL-SI MENGGUNAKAN CETAKAN PASIR”** ini dapat terselesaikan.

Seiring penyusunan skripsi ini, terdapat hambatan dan rintangan yang dihadapi, namun berkat bantuan dari semua pihak segala kesulitan tersebut terasa ringan dan dapat teratasi. Oleh sebab itu sepatutnya saya ucapkan terima kasih atas jasa baik yang selama ini telah diterima, baik nasehat, petunjuk, ide, saran, serta bimbingan berupa apapun sehingga penyusunan dapat menyelesaikan skripsi ini. Ungkapan terima kasih tersebut disampaikan kepada :

1. Keluarga besar saya, khususnya kepada Bapak dan Ibu saya yang selalu memberikan bantuan materil, mendo'akan, mengingatkan akan pesan - pesannya yang tak akan terlupakan.
2. Bapak Murjito, ST., MT Selaku Dosen Pembimbing I yang telah memberikan bimbingan serta arahan selama penyusunan skripsi ini dilakukan, sehingga terselesaikannya skripsi ini.
3. Ibu Dini Kurniawati, ST., MT Selaku Dosen Pembimbing II yang telah memberikan bimbingan dan arahan cara – cara penulisan dalam penyusunan skripsi ini.
4. Bapak Ir. Daryono, MT. Selaku ketua jurusan Teknik mesin UMM.
5. Bapak Budiono, SSi., MT. Selaku sekretaris jurusan Teknik mesin UMM.
6. Bapak/Ibu Dosen yang telah bersdia memberikan bantuan berupa bimbingan teoritis secara langsung maupun tidak langsung.
7. Dan juga saya ucapkan terima kasih kepada Wulan Ria Winita, ST yang selalu memberikan saya semangat motivasi agar tidak menyerah dalam mengerjakan skripsi ini dan teman – teman seperjuangan di Teknik Mesin terlebih teman kos saya mulai dari MABA sampai sekarang tetap solid saya ucapkan terima kasih teman.
8. Serta semua pihak yang belum disebutkan, terima kasih banyak atas bantuan kalian semuanya.

Dalam penyusunan skripsi ini terdapat kekurangan yang tidak terbahas. Oleh sebab itu segala kritik dan saran yang bersifat membangun akan sangat diharapkan untuk pengembangan teknologi terkait. Semoga Allah SWT memberikan sifat Rahim – nya kepada semua pihak yang tersbut diatas dan penusun berharap semoga skripsi ini bermanfaat bagi penyusun dan pembaca.



Malang, 25 Oktober 2017

Penulis

DAFTAR ISI

	Halaman
ABSTRAK	i
ABSTRACT	ii
KATA PENGANTAR	iii
DAFTAR ISI	v
DAFTAR TABEL	vii
DAFTAR GAMBAR	ix

BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	4
1.3 Tujuan Penelitian	4
1.4 Batasan Masalah	4
1.5 Manfaat Penelitian	5

BAB II KAJIAN TEORI

2.1 Pengecoran	6
2.2 Membuat Coran	7
2.3 Aluminium dan Paduannya	8
2.4 <i>Sand Casting</i>	14
2.4.1 Bahan Cetakan dan Bahan Teras	18
2.5 Peleburan Paduan Aluminium Cor	23
2.6 Pembongkaran	25
2.7 Pembersihan	25
2.8 Uji Impak	26
2.9 Uji Kekerasan (<i>vikers</i>)	32
2.10 Cacat Makro	33
2.11 Struktur Mikro	37

BAB III METODE PENELITIAN

3.1 Rancangan Penelitian	42
3.1.1 Alat – alat Penelitian	43
3.2 Diagram Alir Penelitian	46
3.3 Langkah Kerja Penelitian	47
3.4 Data Penelitian Uji Impak	51
3.5 Data Penelitian Uji Kekerasan (<i>vikers</i>)	52
3.6 Analisa Data	53

BAB IV HASIL PENELITIAN

4.1 Data Hasil Penelitian	54
1. Hasil Coran	54
2. Uji Impak	57
3. Uji Kekerasan (<i>vikers</i>)	60

4.	Cacat Makro	62
5.	Struktur Mikro	67

BAB V PENUTUP

5.1	Kesimpulan	70
5.2	Saran	71

DAFTAR PUSTAKA

LAMPIRAN



LAMPIRAN



CURRICULUM VITAE

Nama : Muhammad Taufiq

Tempat, Tanggal Lahir : Magetan, 11 Maret 1995

Jenis Kelamin : Laki – Laki

Nomor Induk Mahasiswa : 201310120311158

Fakultas : Teknik

Jurusan : Teknik Mesin

Alamat Asal : Desa To'Bulung Kec. Bara Kota Palopo
Sulawesi Selatan

Tinggi/Berat Badan : 167 cm / 54 kg

Telp / Hp : 082233934504

Alamat di Malang : Jln. Sedap Malam No. 5A DAU

No	Nama Sekolah	Kota/kab.	Tahun Masuk	Tahun Lulus
1	SDN Kraton 2	Magetan	2002	2007
2	SMP N 1 Maospati	Magetan	2007	2010
3	SMK N 2 Palopo	Palopo	2010	2013
4	Universitas Muhammadiyah Malang	Malang	2013	Sekarang



Malang, 25 November 2017

Muhammad Taufiq

Pengaruh Variasi Holding Time Peleburan Terhadap Kekuatan Impak, Kekerasan, Struktur Mikro dan Cacat Makro Pada Logam Al-Si Menggunakan Cetakan Pasir

Muhammad Taufiq, Murjito, Dini kurniawati

Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Malang

Jl. Raya Tlogomas No. 246 Malang Indonesia

Telp. (0341) 464 318 Fax. (0341) 460 435 Malang 65144

e-mail: Taufiksundem57@gmail.com

Abstrak

Metode peleburan logam merupakan salah satu cara untuk membentuk besi menjadi bahan dasar pembuatan peralatan dan memberikan manfaat sebesar-besarnya untuk kepentingan hidup manusia. Tujuan dari penelitian ini adalah Mengetahui harga kekuatan impak, mengetahui harga kekerasan, mengetahui bentuk cacat makro, mengetahui bentuk struktur mikro akibat holding time pada peleburan coran Al-Si. Harga impak coran Al-Si akibat holding time peleburan dengan variasi waktu 0 menit 0,37 joule/mm², 10 menit 0,29 joule/mm², 20 menit 0,30 joule/mm², dan 30 menit 0,26 joule/mm², dan harga kekerasan holding time 0 menit 65,886 kg/mm², 10 menit 81,681 kg/mm², 20 menit 88,86 kg/mm², 30 menit 86,265 kg/mm², patahan getas terjadi pada semua spesimen, ukuran butir struktur mikro semakin kecil seiring dengan lamanya holding time. Pada penelitian ini, menegaskan bahwa harga impak mempunyai hubungan yang terbalik dengan harga kekerasan, semakin rendah harga impak semakin tinggi harga kekerasan. Berdasarkan pengamatan struktur mikro pada coran Al-Si akibat holding time peleburan dengan variasi waktu 0 menit, 10 menit, 20 menit, dan 30 menit didapatkan ukuran butir yang semakin kecil. Semakin lama holding time, maka ukuran dari Al-Si semakin kecil.

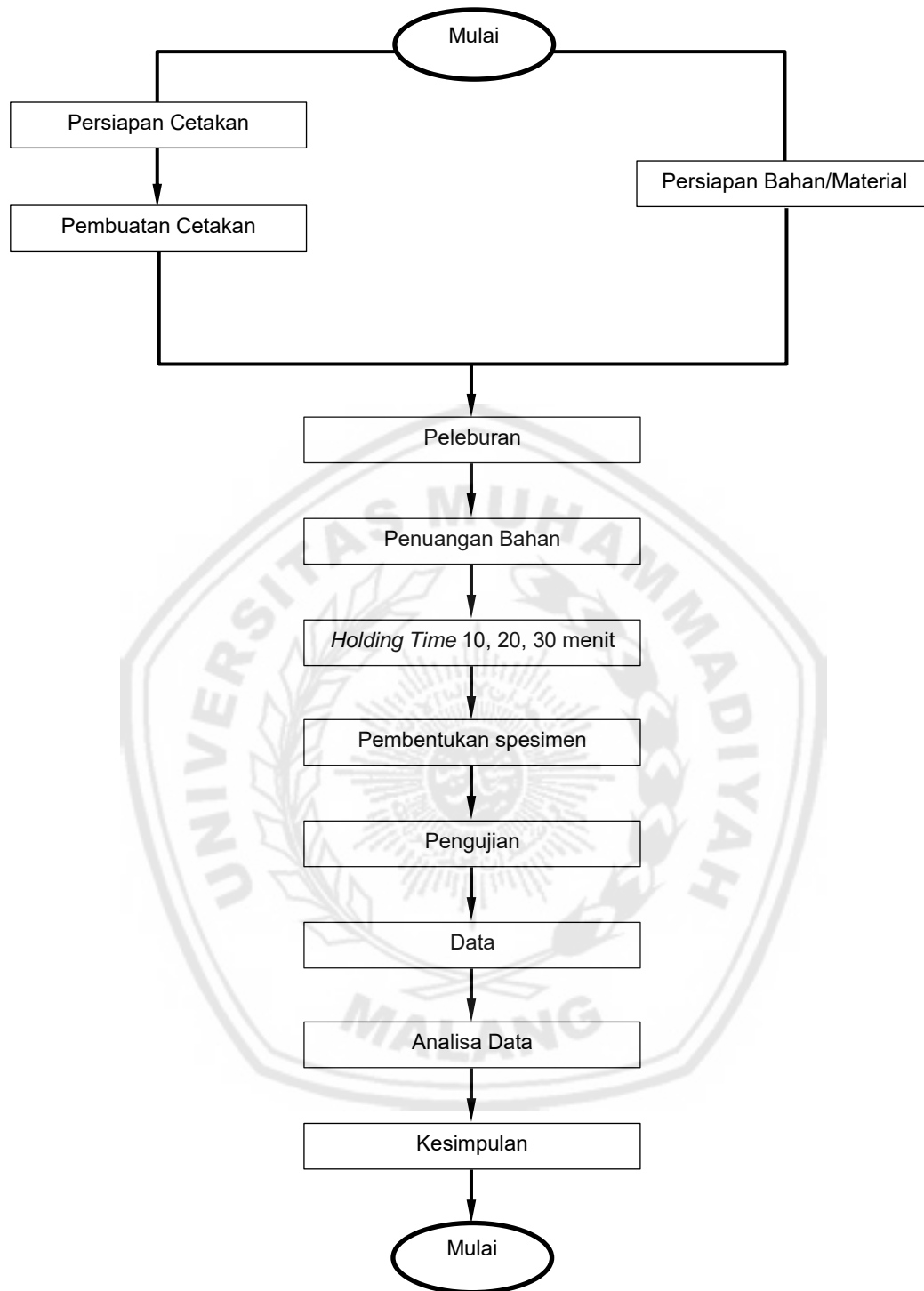
Kata kunci : Al-Si, Holding Time Peleburan, kekuatan Impak, Harga Kekerasan, Cacat Makro, Struktur Mikro.

1. PENDAHULUAN

Metode peleburan logam merupakan salah satu cara untuk membentuk besi menjadi bahan dasar pembuatan peralatan dan memberikan manfaat sebesar-besarnya untuk kepentingan hidup manusia. Perkembangan peradaban manusia ditandai dengan meningkatnya kebutuhan dan kemudahan dalam mencapai tujuan yang diinginkannya, oleh karena itu berbagai cara dilakukan dan selalu mencari alternatif yang lebih baik dan efisien melalui pemanfaatan energi yang ada. Ketersediaan sumber energi alam serta meningkatnya populasi manusia kembali menuntut manusia itu sendiri untuk selalu berfikir dan berusaha mengembangkan ilmu pengetahuan dan keterampilannya agar dapat memanfaatkan dan menemukan teknologi baru yang lebih baik dan tepat guna, karena pada dasarnya alam telah menyediakan berbagai materi yang cukup, hanya karena keterbatasan pengetahuan, materi tersebut tidak dapat dimanfaatkan. Terlebih lagi pada era globalisasi dimana bangsa yang maju akan lebih menguasai bangsa yang lemah (Sudjana, 2008).

Sehingga perlu dilakukan penelitian untuk piston bekas yang merupakan logam paduan Al-Si dengan cara menahan waktu fase lebur pada temperatur 700 °C. Rekayasa ini diharapkan akan mendapatkan harga impak yang baik, harga kekerasan yang tinggi, mengurangi cacat makro, dan mikrostruktur pada hasil coran logam paduan Al-Si. Hasil coran logam paduan Al-Si juga akan mengurangi adanya limbah.

2. METODOLOGI



Gambar 2.1 Diagram Alir Penelitian

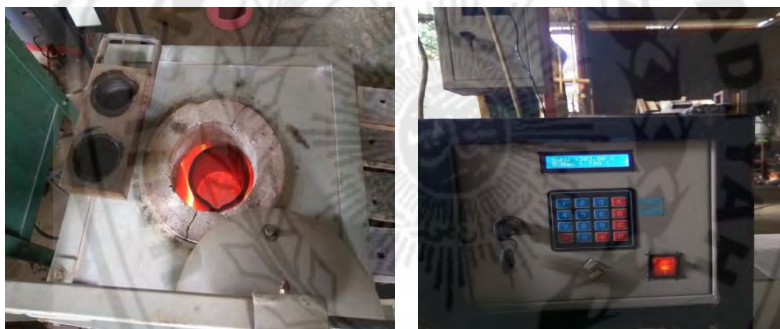
Diagram alir tersebut menjelaskan bahwa sebelum penelitian dilakukan, terlebih dahulu harus menyiapkan alat dan bahan mulai dari pembuatan cetakan pasir dan penuangan bahan ke dapur krusibel bisa dilihat pada gambar 2.2 berikut :



Gambar 2.2 Proses pembuatan cetakan

2.1 Proses Pengecoran

Proses pengecoran yang dilakukan dengan cara menahan waktu fase lebur pada temperatur 700°C setelah bahan mencapai suhu 700°C akan ditahan selama kondisi lebur (kondisi cair) dengan kurun waktu 10, 20, 30 menit. Dengan rekayasa tersebut diharapkan mendapat harga impak yang baik, mengurangi cacat makro, dan mikro struktur pada hasil coran logam paduan Al-Si (piston bekas).



Gambar 2.3 Proses Pengecoran

2.2 Pembentukan Spesimen

Untuk spesimen uji mikro struktur pemotongan dalam bentuk pelat dengan dimensi 10 mm x 10 mm x 20 mm, sedangkan untuk spesimen uji impak pemotongan Al-Si dalam bentuk pelat dengan dimensi 10 mm x 10 mm x 55 mm. Pemotongan keduanya menggunakan gergaji besi untuk menghindari pengaruh panas, 12 spesimen untuk uji mikro struktur dan 12 spesimen untuk uji impak. Dari setiap perlakuan diambil 3 spesimen.



Gambar 2.4 Bentuk Spesimen

2.3 Pengujian Ketangguhan / Uji impak

Pengujian ketangguhan dilakukan dengan menggunakan uji impak *Charpy*. Pertama bersihkan dahulu spesimen sebelum di uji lalu kelompokkan spesimen berdasarkan variabel yang ditentukan dan letakkan spesimen dengan posisi mendatar dengan takik membelakangi pendulum, palu pemukul diatur sehingga membentuk $\alpha = 100^\circ$ kemudian palu dilepaskan dari ketinggian tersebut sampai mengenai spesimen pada bagian luar spesimen yang sejajar dengan takikan dan catat hasil perubahan jarum.



Gambar 2.5 Alat Pengujian Impak

2.4 Pengujian kekerasan (*vikers*)

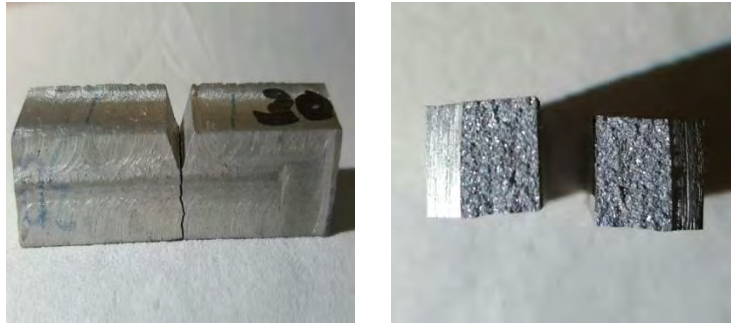
Mempersiapkan benda uji kemudian mengamplas permukaan benda uji dengan kertas gosok hingga mengkilat dan bersih dari kotoran, memilih beban 20kg untuk aluminium, membeikan gaya tekan selama 15 detik kemudian cacat hasil nilai d1 (horizontal) dan d2 (vertikal).



Gambar 2.6 Alat Pengujian vikers

2.5 Pengamatan Struktur Makro

Pengambilan foto makro menggunakan kamera. Langkah pertama menyiapkan spesimen hasil patahan uji impak, bedakan menurut variasi *holding time* nya kemudian siapkan kamera, dan letakkan spesimen pada alas, ambil satu persatu spesimen menurut variasi *holding time*. Foto semua bagian spesimen hasil patahan uji impak, bedakan hasil foto dari masing-masing variasi *holding time*.



Gambar 2.7 Hasil Pengamatan Struktur Makro

2.6 Pengambilan Struktur Mikro

Langkah pertama melakukan pengamplasan spesimen dengan menggunakan amplas nomer 150, 500, 800, 1000 dan kain flanel dengan *autoshol* kemudian bersihkan spesimen dan spesimen siap diamati bentuk struktur mikro nya menggunakan SEM, dapat dilihat pada gambar 2.6 berikut.



Gambar 2.8 Alat Uji Mikrostruktur (SEM)

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Pengecoran Piston Bekas (Al-Si) dilakukan di Laboratorium Pengecoran Alpa beta gama tirta utomo Gg.05. Berikut gambar hasil dari pengecoran.

Hasil foto coran



(a) Tanpa *Holding time*



(b) *Holding time* 10 menit



(c) Holding time 20 menit



(d) Holding time 30 menit

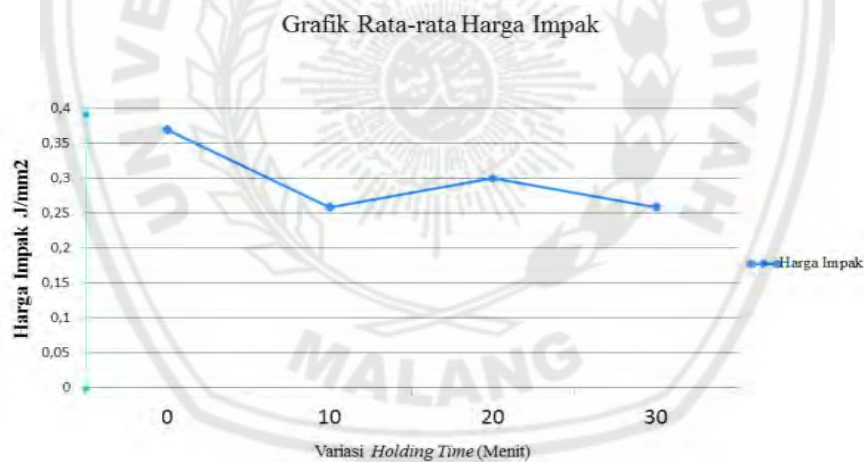
Gambar 3.1 Hasil Coran
(Sumber : Hasil coran di Laboratorium Alpabetagama)

3.1 Pengujian Impak

Dari setiap perlakuan *holding time* diambil 3 spesimen. Berikut hasil dari uji impak :

Tabel 3.1 Rata-Rata Data ketangguhan Hasil Uji Impak dengan Variasi Holding Time 0 Menit, 10 Menit, 20 Menit, dan 30 Menit.

No	Holding Time (menit)	Rata – Rata joule/mm ²
1	0	65.886
2	10	81.681
3	20	88.68
4	30	86.265



Gambar 3.2 Grafik Rata-Rata Harga Impak Coran Al-Si Akibat Holding Time

Harga impak coran Al-Si akibat *holding time* dengan variasi 0, 10, 20, 30 menit secara berurutan adalah 0,37 Joule/mm²; 0,29 Joule/mm²; 0,30 Joule/mm²; 0,26 Joule/mm².

Dari gambar 2.8 yang memaparkan grafik nilai rata-rata harga impak coran Al-Si akibat *holding time* didapatkan harga impak dari *holding time* 0 menit menurun ke *holding time* 10 menit dan terus meningkat hingga *holding time* 20 menit dan turun lagi di *holding time* 30. Hal ini disebabkan oleh adanya cacat porositas.

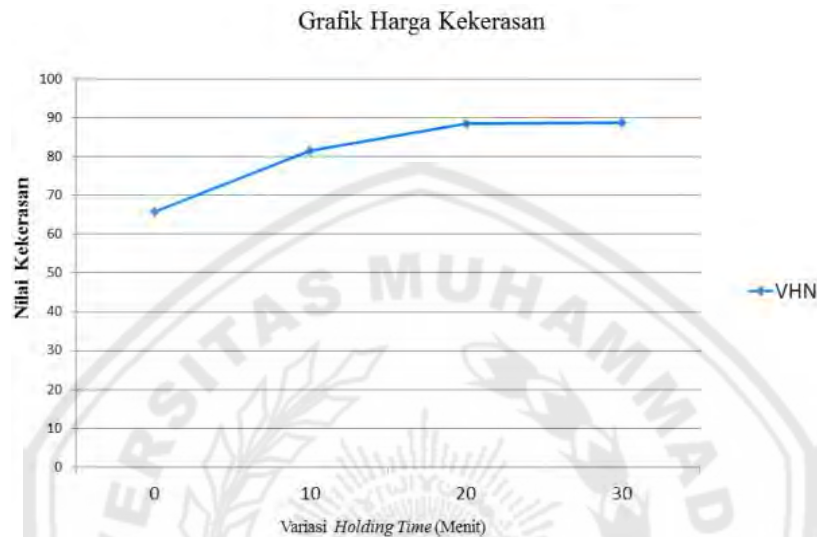
Nilai kekerasan pada paduan Al-Si daur ulang akan meningkat seiring dengan penambahan *holding time* yang dilakukan pada saat peleburan dan terdapat hubungan antara harga kekerasan, ketangguhan, dan struktur mikro yaitu dengan meningkatnya nilai kekerasan maka nilai ketangguhan dan struktur mikro cenderung menurun artinya dimana semakin keras bahan maka nilai ketangguhannya akan semakin menurun dan ukuran diameter butir semakin kecil.

3.2 Harga Kekerasan (vikers)

Dari setiap perlakuan *holding time* diambil 3 spesimen. Berikut hasil dari uji impak.

Tabel 3.2 Rata-Rata Data Harga Kekerasan Hasil Uji Vikers dengan Variasi Holding Time 0 menit, 10 menit, 20 menit, 30 menit

No	Holding Time (menit)	Rata – rata kg/mm^2
1	0	65.886
2	10	81.681
3	20	88.68
4	30	86.265



Gambar 3.3 Grafik Nilai Rata-Rata Harga Kekerasan Coran Al-Si Akibat Holding Time

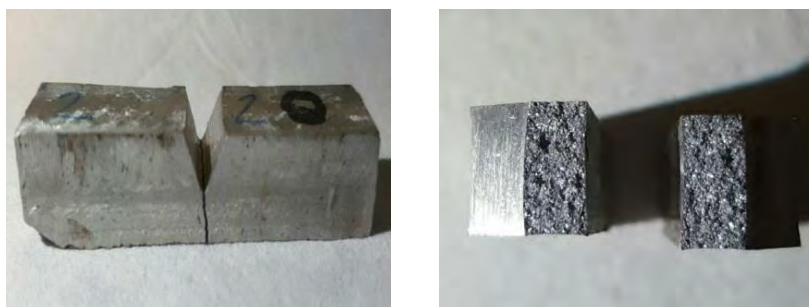
Harga kekerasan coran Al-Si akibat *holding time* dengan variasi 0, 10, 20, 30 menit secara berurutan adalah 65,886 kg/mm^2 ; 81,681 kg/mm^2 ; 88,68 kg/mm^2 ; 86,265 kg/mm^2 .

Dari gambar 3.3 yang memaparkan grafik nilai rata-rata harga kekerasan coran Al-Si akibat *holding time* didapatkan harga kekerasan dari *holding time* 0 menit paling rendah dibandingkan *holding time* lainnya dan terus meningkat hingga *holding time* 30 menit.

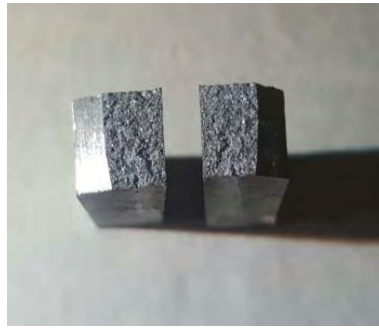
Rasyid dkk mengatakan bahwa nilai kekerasan pada paduan Al-Si daur ulang akan meningkat seiring dengan penambahan *holding time* yang dilakukan pada saat peleburan. (Azhari, 2012) menambahkan bahwa terdapat hubungan antara harga kekerasan, ketangguhan, dan struktur mikro yaitu dengan meningkatnya nilai kekerasan maka nilai ketangguhan dan struktur mikro cenderung menurun artinya dimana semakin keras bahan maka nilai ketangguhannya akan semakin menurun dan ukuran diameter butir semakin kecil.

3.3 Pengamatan cacat makro

Hasil foto makro patahan Al-Si



(a) Patahan tampak depan dan atas (tanpa holding time)



(b) Patahan tampak depan dan atas (holding time 10 menit)



(c) Patahan tampak depan dan atas (holding time 20 menit)

Gambar 3.4 Hasil Foto Makro Patahan Al-Si Holding Time (A) 0, (B) 10, (C) 20, dan (D) 30 menit tampak depan dan atas



(d) Patahan tampak depan dan atas (holding time 30 menit)

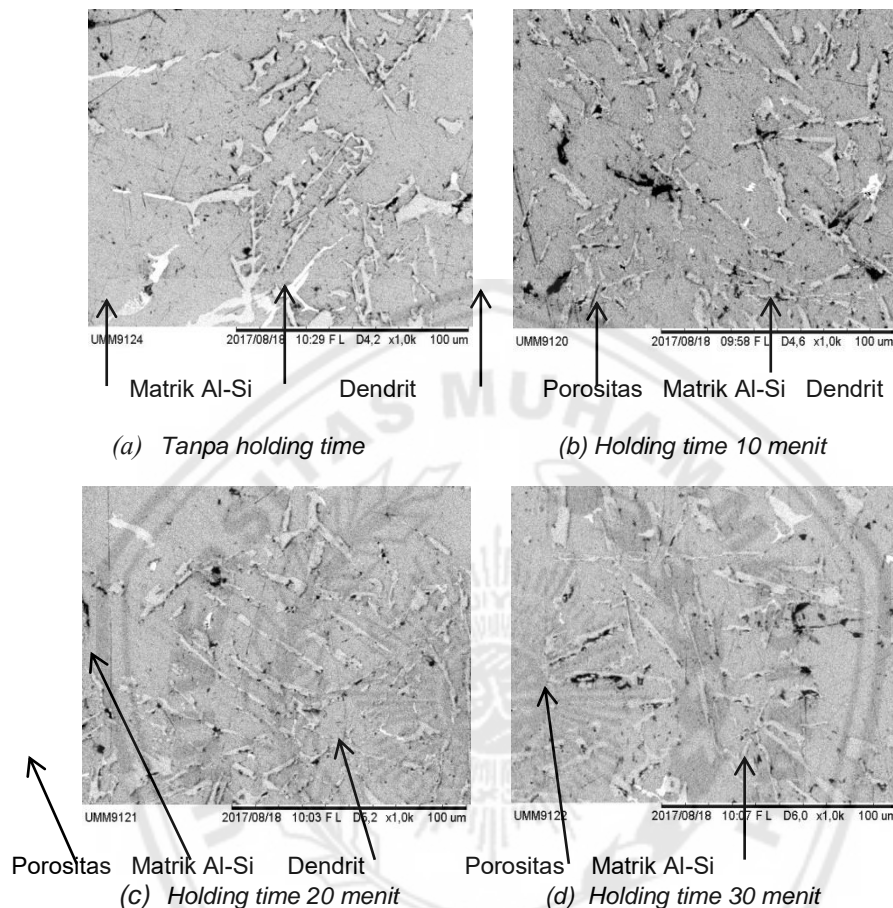
Gambar 3.4 Hasil Foto Makro Patahan Al-Si Holding Time (A) 0, (B) 10, (C) 20, dan (D) 30 menit tampak depan dan atas (lanjutan)

Cacat makro yang terjadi pada pengecoran Al-Si antara lain lubang jarum, pelekot, rontok cetakan, rongga udara, salah alir dan sumbat dingin. Berdasarkan patahan dari uji impak, semua spesimen termasuk kategori jenis patahan getas dikarenakan pada permukaan patahan uji impak membentuk permukaan yang datar (*flat*) dengan ditandai dua sifat yaitu ada yang memantulkan cahaya sehingga tampak warna mengkilat dan sebagian lagi permukaan patahan uji impak tampak

buram. Dilihat dari pemasangan kembali patahan spesimen uji impak yang masih bisa dipasangkan seperti semula.

3.4 Pengamatan Struktur Mikro

Berdasarkan pengamatan struktur mikro spesimen pengecoran Al-Si akibat *holding time* dengan variasi 0 menit, 10 menit, 20 menit, dan 30 menit didapatkan foto sebagai berikut.



Gambar 3.5 Struktur Mikro Al-Si Holding Time (A) 0, (B) 10, (C) 20, dan (D) 30 menit

Berdasarkan gambar 3.5 foto (a) tersebut nampak jelas bahwa luasan matrik Al-Si lebih luas jika dibandingkan dengan *holding time* lainnya dan berdasarkan foto (b) nampak jelas bahwa luasan matrik Al-Si yang sedikit lebih kecil jika dibandingkan dengan *holding time* 0 menit. Pada struktur mikro dengan *holding time* 10 menit mulai terbentuk dendrit yang menimbulkan naiknya kekerasan pada coran Al-Si, selanjutnya foto (c) tersebut nampak jelas bahwa luasan matrik Al-Si yang sedikit lebih kecil jika dibandingkan dengan struktur mikro coran Al-Si *holding time* 10, Dendrit kembali muncul dan menyebabkan kekerasan semakin naik, Foto (d) nampak jelas bahwa luasan matrik Al-Si yang lebih kecil jika dibandingkan dengan struktur mikro coran Al-Si *holding time* 20 menit. Bentuk dendritpun muncul lebih banyak sehingga menyebabkan kekerasan meningkat.

Hal ini sesuai dengan penelitian yang dilakukan oleh Rasyid, M.S. dkk yang menyatakan bahwa semakin lama *holding time* menyebabkan ukuran butir yang terbentuk semakin kecil dan Ahmad Azhari yang menyatakan bahwa semakin meingkat nilai kekerasan maka nilai ketangguhannya akan menurun dan ukuran diameter butir semakin mengecil.

4. KESIMPULAN

Harga impact coran Al-Si akibat *holding time* dengan variasi 0, 10, 20, 30 menit secara berurutan adalah 0,37 Joule/mm²; 0,29 Joule/mm²; 0,30 Joule/mm²; 0,26 Joule/mm² dan untuk harga kekerasan coran Al-Si akibat *holding time* dengan variasi 0, 10, 20, 30 menit secara berurutan adalah 0,65,886 kg/mm²; 81,681 kg/mm²; 88,68 kg/mm²; 86,265 kg/mm². Berdasarkan patahan dari uji impact, semua spesimen termasuk kategori jenis patahan getas dikarenakan pada permukaan patahan uji impact membentuk permukaan yang datar (*flat*) dengan ditandai dua sifat yaitu ada yang memantulkan cahaya sehingga tampak warna mengkilat dan sebagian lagi permukaan patahan uji impact tampak buram dan dilihat dari pemasangan kembali patahan spesimen uji impact yang masih bisa dipasangkan seperti semula kemudian untuk pengamatan struktur mikro spesimen dengan variasi *holding time* peleburan 10 menit pada pengecoran logam Al-Si didapatkan bentuk dendrit yang mengindikasikan meningkatnya kekerasan dan pengamatan struktur mikro spesimen dengan variasi *holding time* peleburan 20 menit pada pengecoran logam Al-Si didapatkan bentuk dendrit yang mengindikasikan meningkatnya kekerasan dengan ukuran butir yang lebih kecil jika dibandingkan dengan spesimen 10 menit dan berdasarkan pengamatan struktur mikro spesimen dengan variasi *holding time* peleburan 30 menit pada pengecoran logam Al-Si didapatkan bentuk dendrit yang mengindikasikan meningkatnya kekerasan dengan ukuran butir yang lebih kecil jika dibandingkan dengan spesimen 20 menit.

REFERENSI

- [1] Sudjana, H. 2008. Teknik Pengecoran Logam Jilid 2 Untuk SMK. Jakarta: Direktorat Pembinaan Sekolah Menengah Kejuruan, Direktorat Jenderal Manajemen Pendidikan Dasar dan Menengah, Departemen Pendidikan Nasional.
- [2] Suhardi, 1992. Teknologi Mekanik III (Proses Pengecoran Logam). Surakarta: UNS Pres.
- [3] Surdia, T. & Saito, S. 1999. Pengetahuan Bahan Teknik. Jakarta: PT. Pradnya Paramita.
- [4] Widarto. 2008. Teknik Pemesinan Jilid 1 Untuk SMK. Jakarta: Direktorat Pembinaan Sekolah Menengah Kejuruan, Direktorat Jenderal Manajemen Pendidikan Dasar dan Menengah, Departemen Pendidikan Nasional.
- [5] Surdia, T. & Chijiwa, K. 1980. Teknik Pengecoran Logam. Jakarta: PT Pradnya Paramita
- [6] Mondolfo, L.F. 1979. Aluminium Alloys: Structure and Properties, London: Butterworths.
- [7] ASM International. 2004. All Rights Reserved Aluminum-Silicon Casting Alloys: Atlas Microfractographs.
- [8] Abidin, M.Z. 2008. Identifikasi Fasa Intermetalik β -AlFeSi Pada Paduan Al-7wt%Si dan Al-11wt%Si yang Mengandung Besi. Skripsi Universitas Indonesia.
- [9] Surdia, T. & Chijiwa, K. 1980. Teknik Pengecoran Logam. Jakarta: PT Pradnya Paramita
- [10] Bahtiar dkk. 2014. Pengaruh Media Pendingin Minyak Pelumas SAE pada Proses Quenching dan Tempering Terhadap Ketangguhan Baja Karbon Rendah. Jurnal Mekanikal. (online), 5 (1) : 455-463, (<http://jurnal.untad.ac.id/jurnal/index.php/Mekanikal/article/download/3156/2226>).
- [11] George E. D. (1988). Mechanical Metallurgy. Second Edition .Tokyo: Mc.Graw-Hill Kogakusha Ltd .
- [12] Ismail. F. 2012. Rancang Bagun Mesin Uji Impact Charpy. Tugas Akhir Tidak diterbitkan. Semarang: Universitas Diponegoro.
- [13] Hakim, H. A. 2011. Pengaruh Temperatur Penuangan Terhadap Sifat Ketangguhan Impact (Impact Toughness) dan Kekerasan (Hardness) Aluminium Sekrap yang Ditambah Silikon 5%. Skripsi Universitas Sumatera Utara.
- [14] Azhari, A. 2012. Pengaruh Proses Tempering dan Proses Pengerolan di Bawah dan di Atas Temperatur Rekristalisasi pada Baja Karbon Sedang Terhadap Kekerasan dan Ketangguhan Serta Struktur Mikro Untuk Mata Pisau Pemanen Sawit. Jurnal e-Dinamis, Volume II, No.2 September 2012 ISSN 2338-1035.
- [15] Puspitasari, D. 2015. Perbedaan Ketangguhan dan Jenis Patahan Pada Duralium Akibat Proses Artificial Aging Dengan Variasi Media Pendingin Dromus Oil dan Air. Skripsi Universitas Negeri Malang.

- [16] Nurhadi. 2010. Studi Karakteristik Material Piston dan Pengembangan Prototipe Piston Berbasis Limbah Piston Bekas. Tesis Universitas Diponegoro Semarang.



DAFTAR PUSTAKA

- Sudjana, H. 2008. *Teknik Pengecoran Logam Jilid 2 Untuk SMK*. Jakarta: Direktorat Pembinaan Sekolah Menengah Kejuruan, Direktorat Jenderal Manajemen Pendidikan Dasar dan Menengah, Departemen Pendidikan Nasional.
- Suhardi, 1992. *Teknologi Mekanik III (Proses Pengecoran Logam)*. Surakarta: UNS Pres.
- Surdia, T. & Saito, S. 1999. *Pengetahuan Bahan Teknik*. Jakarta: PT. Pradnya Paramita.
- Widarto. 2008. *Teknik Pemesinan Jilid 1 Untuk SMK*. Jakarta: Direktorat Pembinaan Sekolah Menengah Kejuruan, Direktorat Jenderal Manajemen Pendidikan Dasar dan Menengah, Departemen Pendidikan Nasional.
- Surdia, T. & Chijiwa, K. 1980. *Teknik Pengecoran Logam*. Jakarta: PT Pradnya Paramita
- Mondolfo, L.F. 1979. *Aluminium Alloys: Structure and Properties*, London: Butterworths.
- ASM International. 2004. *All Rights Reserved Aluminum-Silicon Casting Alloys: Atlas Microfractographs*.
- Abidin, M.Z. 2008. *Identifikasi Fasa Intermetalik β -AlFeSi Pada Paduan Al-7wt%Si dan Al-11wt%Si yang Mengandung Besi*. Skripsi Universitas Indonesia.
- Surdia, T. & Chijiwa, K. 1980. *Teknik Pengecoran Logam*. Jakarta: PT Pradnya Paramita
- Bahtiar dkk. 2014. Pengaruh Media Pendingin Minyak Pelumas SAE pada Proses *Quenching* dan *Tempering* Terhadap Ketangguhan Baja Karbon Rendah. *Jurnal Mekanikal*. (online), 5 (1) : 455-463, (<http://jurnal.untad.ac.id/jurnal/index.php/Mekanikal/article/download/3156/2226>).
- George E. D. (1988). *Mechanical Metallurgy*. Second Edition .Tokyo: Mc.Graw-Hill Kogakusha Ltd .
- Ismail. F. 2012. *Rancang Bagun Mesin Uji Impak Charpy*. Tugas Akhir Tidak diterbitkan. Semarang: Universitas Diponegoro.
- Hakim, H. A. 2011. Pengaruh Temperatur Penuangan Terhadap Sifat Ketangguhan Impak (*Impact Toughness*) dan Kekerasan (*Hardness*) Aluminium Sekrap yang Ditambah Silikon 5%. Skripsi Universitas Sumatera Utara.
- Azhari, A. 2012. Pengaruh Proses *Tempering* dan Proses Pengerolan di Bawah dan di Atas Temperatur Rekristalisasi pada Baja Karbon Sedang Terhadap Kekerasan dan Ketangguhan Serta Struktur Mikro Untuk Mata Pisau Pemanen Sawit. *Jurnal e-Dinamis*, Volume II, No.2 September 2012 ISSN 2338-1035.

Puspitasari, D. 2015. Perbedaan Ketangguhan dan Jenis Patahan Pada Duralium Akibat Proses Artificial Aging Dengan Variasi Media Pendingin Dromus Oil dan Air. Skripsi Universitas Negeri Malang.

Nurhadi. 2010. Studi Karakteristik Material Piston dan Pengembangan Prototipe Piston Berbasis Limbah Piston Bekas. Tesis Universitas Diponegoro Semarang.

